

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”.  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**CONTAMINACIÓN POR PLOMO EN SUELOS ALEDAÑOS A MET- MEX  
PEÑALES, TORREÓN, COAHUILA**

**POR**

**CELESTINO ANDRES GARCIA**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

**TORREÓN, COAHUILA**

**MAYO DE 2009**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**"ANTONIO NARRO"**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**CONTAMINACIÓN POR PLOMO EN SUELOS ALEDAÑOS A MET- MEX  
PEÑOLES, TORREÓN, COAHUILA**

TESIS DEL C. **CELESTINO ANDRES GARCIA** QUE SE SOMETE A LA  
CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADA  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

**APROBADA POR:**

ASESOR:



DR. HÉCTOR MADRIAVEITIA RÍOS

COASESOR:



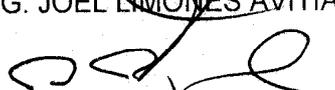
DR. MARIO GARCÍA CARRILLO

COASESOR:

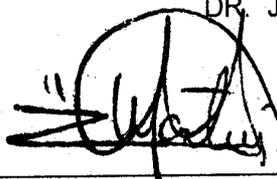


ING. JOEL LIMONES AVITIA

COASESOR:



DR. JOSÉ LUIS REYES CARRILLO



MC. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA.

MAYO. DE 2009

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

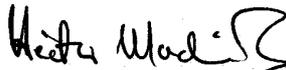
CONTAMINACIÓN POR PLOMO EN SUELOS ALEDAÑOS A MET- MEX  
PEÑALES, TORREÓN, COAHUILA

TESIS DEL C. CELESTINO ANDRES GARCIA QUE SE SOMETE A LA  
CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADA  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

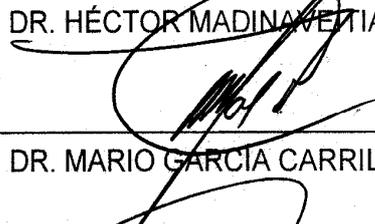
APROBADA POR:

PRESIDENTE:



DR. HÉCTOR MADINAVEITIA RÍOS

VOCAL:



DR. MARIO GARCÍA CARRILLO

VOCAL:

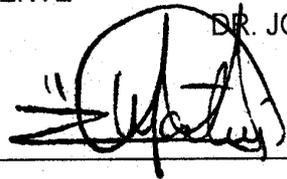


ING. JOEL LIMONES AVITIA

VOCAL SUPLENTE



DR. JOSÉ LUIS REYES CARRILLO



MC. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA

MAYO DE 2009

## DEDICATORIA

A mi madre quien siempre me ha apoyado, a esa mujer que me dio la vida, que me vió crecer y que ha estado ahí en mis tropiezos, en mis logros, en los momentos de alegría, de tristeza, etc., Gracias Julia Garcia Virginia por nunca dudar que saldria adelante.

A mi padre quien con sus consejos siempre ha estado ahí, en las buenas y en las malas, gracias a ello pude salir adelante gracias por todo Celestino Andres Castro, por ser parte de esta gran alegría que complementa una meta mas.

A mi hermana, quien durante estos años estuvo al lado de mis padres apoyándoles y alentaádome para seguir adelante y concluir mi educación superior.

A mi familia, Sara Cruz Medina Rosas, mi esposa e Ían Uzziel Andres Medina, mi hijo. A mi esposa quien durante años ha estado ahí conmigo en todo momento y mi hijo quien al verlo nacer me trajo nuevos sueños para luchar en nuestras vidas. Ellos son la fuerza de mi vida.

Por que gracias a ustedes quienes son mi vida he logrado salir triunfante y espero enorgullecerlos con este titulo.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis familiares, de quienes en todo momento recibía apoyo y de quienes nunca dudaron en mí.

A mi institución, quien nos brinda cobijo como un hijo más de nuestra “alma terra mater” que en ello conyeva facilidades de estancia y alimentación.

A mis amigos, los ya conocidos y los que gracias a Dios cruzaron en mi camino, por su compañía y sus consejos, porque sabiendo que estando lejos de casa esto era difícil y siempre se contó con ellos.

A mis profesores, quienes aportaron grandes conocimientos para nuestra formación profesional.

Al Dr. Madinaveitia en quien siempre tuve un amigo y quien formó parte de este proyecto, gracias a su orientación, apoyo y tiempo.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
<b>DEDICATORIA</b> .....	i
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	ii
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	iii
<b>ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS</b> .....	iv
<b>RESUMEN</b> .....	v
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. OBJETIVOS E HIPOTESIS</b> .....	3
II.1. Objetivo general.....	3
II.1.2. Objetivos específicos.....	3
II.2. Hipótesis.....	3
<b>III. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	4
III.1. Peñoles.....	4
III.2 Metales Pesados. ....	5
III.3. Antecedentes de concentración de plomo en suelos.....	6
III.4. Normatividad del plomo en el suelo.....	8
III.5. Regulación de plomo en sangre.....	9
III.6 Problemática de la intoxicación por plomo.....	9
III.7. Plomo.....	15
III.8 Efectos en la salud.....	16
<b>IV. MATERIALES Y METODOS</b> .....	21
I.V. Localización Geográfica.....	21
I.V. Metodología.....	22
I.V.1. Trabajo de Campo.....	22
.V.1. Trabajo de Gabinete.....	22
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSION</b> .....	24
V.1. Plomo en suelo .....	24
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	32
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	33
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	34

## INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

CUADROS		PAG.
1	CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN SUELOS EN ZONAS ALEDAÑAS A MET – MEX PEÑOLES, SEGÚN LAS ORIENTACIONES Y LAS DISTANCIAS DETERMIANDAS.....	28
2	MEDIA, MEDIANA, DESVIACIÓN ESTÁNDAR, VALOR MÁXIMO Y VALOR MÍNIMO CALCULADOS A PARTIR DE LOS DATOS OBTENIDOS EN 36 MUESTREOS DE SUELOS CONTAMINADOS DE PLOMO EN ZONAS ALEDAÑAS A MET-MEX PEÑOLES. TORREÓN COAHUILA. SEPTIEMBRE DE 2008.....	31
FIGURAS		
1	REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN SUELO DE ZONAS ALEDAÑAS A LA INDUSTRIA PEÑOLES SEGÚN LA DISTANCIA DE LOS MUESTREOS.....	29
2	CONCENTRACIONES DE PLOMO EN ZONAS ALEDAÑAS A LA INDUSTRIA MET-MEX PEÑOLES SEÑALANDO LAS QUE REBASAN Y NO LOS LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES.....	30

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar las concentraciones de plomo en suelos aledaños a la industria Met-Mex Peñoles, ubicada en la ciudad de Torreón, Coahuila. De la cual se tomó como punto de referencia la misma, de donde se tomaron un total de 36 muestras en cuatro diferentes orientaciones: sureste, suroeste, noreste y noroeste y en cada una de ella se tomaron tres muestras a los 500 m, tres muestras a los 1000 m y tres muestras a los 1500 m. Los análisis de las muestras se realizaron en el laboratorio de suelos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Los resultados señalan que de las 36 muestras, cuatro no rebasan el límite máximo permisible en suelo (LMP), según la norma oficial mexicana 147-Semarnat/ SSA1-2004 que para uso agrícola y residencial es de 400 mg / kg<sup>-1</sup>. Sin embargo, las 32 muestras restantes si lo rebasan. Las cuatro muestras representan el 11.1 % y el resto de las muestras el 88.9 %. La concentración mínima encontrada fue de 295.0 mg / kg<sup>-1</sup> y la mayor fue de 6550.0 mg / kg<sup>-1</sup> con orientaciones suroeste a 1500 m y sureste a 1000 m respectivamente, de los 36 datos obtenidos se sacó una media de 1906.6 mg / kg<sup>-1</sup>, la cual rebasa los límites máximos permisibles con una diferencia de 1506.6. La zona más contaminada de las cuatro orientaciones fue la del sureste ya que es la que presentó las más altas concentraciones rebasando los 1000 mg / kg<sup>-1</sup> y presentaron la concentración más alta que fue de 6550 mg / kg<sup>-1</sup>. Comparando los resultados obtenidos con otro trabajo realizado en el año 2005, hubo una discreta reducción en la concentración de plomo en suelos. Asimismo es importante señalar que las concentraciones obtenidas en

zonas alejadas a Met - Mex Peñoles, presentaron valores superiores a los límites máximos permisibles (LMP).

**Palabras clave:** Contaminación de suelos, metales pesados, plomo.

# I. INTRODUCCIÓN

La industria Met-Mex Peñoles ubicada en la ciudad de Torreón, Coahuila, dentro de su producción y sus procesamientos mineros ha estado emitiendo metales pesados al aire, suelo y agua como el plomo. Los cuales han venido a repercutir en la salud de los pobladores de zonas aledañas a esta empresa, generando molestias en la sociedad por la gravedad de sus emisiones.

La deposición continua de este metal en el sustrato ha venido a alcanzar concentraciones que sobrepasan el límite permisible y por consecuente esta misma repercute en la salud de los pobladores.

Estos se han convertido en un tema actual tanto en el campo ambiental como en el de salud pública. Los daños que causan son tan severos y en ocasiones tan ausentes de síntomas, en particular atacan principalmente la población infantil.

Contribuyen fuertemente a la contaminación ambiental debido a que no son bio-degradables, no son termo-degradables, generalmente no percola a las capas inferiores de los suelos y pueden acumularse sutilmente a concentraciones tóxicas para las plantas y animales e incluso para el ser humano.

La contaminación por metales pesados dados naturalmente en los suelos puede ser por cientos o miles de años; dependiendo del tipo de suelo y de sus parámetros físico-químicos. Sin embargo debido a la actividad humana, la concentración de estos metales es elevada, en un tiempo muy rápido, lo que está afectando no solamente al ecosistema si no también al ser humano.

Este tema de investigación está fundamentado en que, desde el año 2005 se hicieron muestreos de plomo en el suelo y los datos obtenidos fueron totalmente por encima de los límites máximos permisibles según normas nacionales e internacionales. Uno de los propósitos de este trabajo es dar seguimiento a las concentraciones de plomo en suelo, para así poder verificar que las actividades que se han hecho en la Ciudad de Torreón no han sido suficientes para disminuir mínimo hasta el límite máximo permisible del plomo en el suelo.

## **II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

### **II.1 Objetivo General**

Determinar las concentraciones de plomo en suelos de colonias aledañas y alejadas a la industria Met-Mex Peñoles.

### **II.2 Objetivo Específico**

Comparar las concentraciones encontradas de plomo en suelos con los límites máximos permisibles en suelos según diversas fuentes.

### **II.3 HIPÓTESIS**

El suelo a los alrededores de Met-Mex Peñoles presenta una concentración de plomo que rebasa los límites máximos permisibles de suelos.

### **III. REVISION DE LITERATURA**

#### **III.1 Peñoles**

En 1887 en Peñoles, pueblo del estado de Durango, se fundó la primera unidad de lo que ahora es Industrias Peñoles, S.A. de C.V. fue constituida por un grupo de inversionistas mexicanos, con el propósito de explotar las minas de la región. El 21 de julio de 1961 se fusionaron dos antiguas empresas, la Compañía Minera de Peñoles, S.A. y la Compañía Metalúrgica Peñoles, S.A., fue constituida el 14 de marzo de 1934 naciendo así Metalúrgica Mexicana Peñoles, S.A. Lo anterior fue el resultado de la mexicanización de esta importante empresa minero-metalúrgica, llevada a cabo por un grupo de inversionistas mexicanos encabezados por el Sr. Don Raúl Baillères. Al fallecimiento del Sr. Raúl Baillères tomó el puesto como nuevo Presidente del Consejo de Administración el Sr. Lic. Don Alberto Baillères, quien reestructuró y consolidó la empresa. El 2 de septiembre de 1969 se constituyó una nueva compañía, Industrias Peñoles, S.A., como controladora y núcleo financiero de todas sus filiales, desapareciendo Metalúrgica Mexicana Peñoles, S.A. y transfiriendo ésta sus operaciones y plantas metalúrgicas de fundición y afinación de metales a una empresa filial, Met-Mex Peñoles, S.A. Originalmente, en Torreón estaba situada la Fundición Plomo-Plata, más tarde en 1973 fue instalada la Planta Electrolítica de Zinc, y en 1975 la Refinería de Plomo-Plata, además de ampliaciones en la propia Fundición (Peñoles, Anual Report, 2008).

La empresa de Met-Mex Peñoles es una de las fundidoras más grandes en América Latina ocupando así el cuarto lugar a nivel mundial, esta fue establecida en la ciudad de Torreón en el año de 1901. Desde su fundación esta empresa ha emitido contaminantes al ambiente. El problema de la contaminación por metales pesados en la ciudad de Torreón, Coahuila se debe a tres principales elementos: plomo, cadmio y arsénico, los cuales son altamente dañinos para la salud humana sin embargo estudios, denuncias y acciones que se han realizado en torno a este problema ponen como al principal actor al plomo en 1999, cuando las autoridades dictaminaron que Peñoles es la principal emisor de este metal (López, 1999).

### **III.2 Metales Pesados**

Los metales pesados (MP) son un grupo de elementos químicos que presentan una densidad relativamente alta y cierta toxicidad para el ser humano. La expresión MP se usa para aludir de un modo no muy preciso a ciertos elementos metálicos, y también a algunos de sus compuestos, a los que se atribuyen determinados efectos de contaminación ambiental, toxicidad y ecotoxicidad (Schinitman, 2004).

Lo que hace a un metal pesado contaminante no son sus características esenciales si no las concentraciones en las que podemos encontrarlas. (Higueras y Oyarzun 2008).

Lo metales pesados son un problema en la actualidad debido a sus altas concentraciones y por que no ser destruidos por la degradación. Los metales pesados son peligrosos porque tienden a bioacumularse. La bioacumulación

significa un aumento en la concentración de un producto químico en un organismo biológico en un cierto plazo, comparada a la concentración del producto químico en el ambiente (Lentech, 2008).

El plomo es un metal no esencial que puede causar toxicidad en todos los grupos de edad. (Mycyk y Leikin, 2004).

### **III.3 Antecedentes de concentración de plomo en suelos**

El problema de contaminación por los metales surge no de forma natural si no debido a la actividad humana (WHO, 1992)

El plomo ocurre de forma natural en el ambiente, pero las mayores concentraciones que son encontradas en el ambiente son el resultado de las actividades humanas (Emsley, 2001)

Como bien se mencionó, la actividad humana, a lo largo del último siglo es el principal precursor de la contaminación del medio en este caso hablaremos del suelo, debido a las actividades industriales, muchos de estos contaminantes entran al medio mediante, la combustión de combustible fósil, la minería y en los procesos de fundición (Fernández, 1991).

Como consecuencia de varios siglos de actividad minera en México y posteriormente, debido a la industria de la química básica, petroquímica y de refinación del petróleo, se han producido cantidades muy grandes, pero muy difíciles de cuantificar, de residuos peligrosos. Aunado a lo anterior, la intensa actividad de otras industrias, junto con accidentes durante el almacenamiento, transporte o trasvase de sustancias (fugas, derrames, incendios) y la disposición clandestina e incontrolada de residuos, contribuyen en gran medida a la contaminación de suelos (SEMARNAT, 2002).

La contaminación del suelo consiste en la introducción de un elemento extraño al sistema suelo o la existencia de un nivel inusual de uno propio que, por sí mismo o por su efecto sobre los restantes componentes, genera un efecto nocivo para los organismos del suelo, sus consumidores, o es susceptible de transmitirse a otros sistemas. Para que exista contaminación es necesario que existan agentes contaminantes, entendiendo por tales a aquellas sustancias o acciones que producen contaminación en el suelo (García, 2005).

Las autoridades de gobierno en el año de 1978, de Torreón, Coahuila nunca alcanzaron a escuchar las denuncias de los pobladores basadas en las investigaciones de la Dra. Lilia Albert quien realizo los primeros estudios sobre el grave problema de la contaminación por plomo en esta ciudad. Posteriormente el Dr. Calderón Salinas realizó diversos estudios sobre este tema en 1986. Posteriormente apoyados por denuncias de académicos y organizaciones ambientales, en 1985 el encargado de Ecología Municipal se negó a atenderlos ya que el dueño de la metalúrgica se reunía directamente con el presidente de aquel entonces. Esta situación de evadir las denuncias y favorecer a la empresa fundidora está lejos de desaparecer a la luz de la controversia actual. En 1999, Felipe Vallejo Director Municipal de Ecología de Torreón continuaba exonerando a esta industria de su responsabilidad. Todavía en marzo de 1999, Jesús Nakamichi, jefe de Jurisdicción Sanitaria número 6 “ignoraba” saber el origen del plomo que envenenaba a los niños de Torreón (Valdés, 1999).

Los suelos son los receptores de grandes cantidades de contaminantes, tales como metales pesados, siendo componentes dominantes de ciclos químicos ambientales. Los suelos son una mezcla variable de minerales,

materia orgánica y agua, la retención de metales pesados depende necesariamente de las características del suelo, cuyas propiedades que frecuentemente se correlacionan con la adsorción de metales son el pH, la capacidad del intercambio catiónico, la materia orgánica y el contenido de arcilla. Entre los metales pesados que son peligrosos particularmente en el ambiente, el plomo es de los más tóxicos, y se puede encontrar en niveles elevados en varios compartimientos ambientales (Trancoso *et al.*, 2004).

En investigaciones realizadas por el Dr. Héctor Madinaveitia en noviembre de 2005, se obtuvieron los resultados de 48 muestras que un 98% fueron mayores a los 300 y 500 mg/kg<sup>-1</sup>, el 35% presentaron mayores concentraciones de 1000 mg/kg<sup>-1</sup>, de las cuales se registro una máxima de 9225 mg/kg<sup>-1</sup> y una mínima de 213 mg/kg<sup>-1</sup> (Madinaveitia *et al.*, 2005).

#### **III.4. Normatividad del plomo en el suelo**

Las concentraciones de referencias totales por tipo de usos de suelos para el plomo según la norma oficial mexicana 147- Semarnat/SSA1-2004; establece que para uso agrícola/residencial las concentraciones limites permisibles es de 400 mg/kg<sup>-1</sup>, mientras que para uso industrial las concentraciones limites permisibles es de 700 mg/kg<sup>-1</sup> (Orden juridico, 2005).

El nivel máximo en los Estados Unidos es de 500 mg/kg<sup>-1</sup> (Benin *et al*, 1999).

El valor limite del plomo en suelo, según la normatividad española es de 50-300 mg/kg<sup>-1</sup>. El valor de 50 se emplea en suelos con pH menor a 7, por lo tanto el de 300 se emplea para suelos con pH mayor a 7 (La Caxia, 1995).

### III.5 Regulación de plomo en sangre

Según diversas organizaciones del mundo, los límites máximos permisibles de plomo en sangre son:

Sangre ( $\mu\text{g dl}^{-1}$ )	
Organización Mundial de la Salud (OMS)	20
USA (CDC)	10 b
USA (EPA)	NA d
Australia	10
Canadá	10
Conferencia Americana del Gobierno e Higiene Industrial.	30

b Nivel de acción en niños. NA d = No disponible.  $\mu\text{g dl}$ : microgramos por decilitro.

(Hashisho y El-Fadel, 2004; Carter *et al.*, 2000.)

### III.6 Problemática de la intoxicación por plomo

Los efectos de la intoxicación por plomo fueron descritos por Hipócrates en la antigua Grecia. Benjamin Franklin también describió el efecto de la ingesta de este metal entre los trabajadores de su imprenta, especialmente los que fabricaban y manipulaban los linotipos hechos de plomo. A pesar de tener referencias tan antiguas, el problema del plomo no se ha atendido como se debiera. Sino hasta hace unos treinta años es que ha interesado a la toxicología y a las instituciones de salud (Valdés, 1999).

Desde mediados de los años setenta, las autoridades de salud de los Estados Unidos reconocieron el envenenamiento por plomo en niños como un problema grave al que llamaron una epidemia silenciosa. Una vez reconocido el problema, el creciente cuerpo de información sobre el daño del plomo a la salud llevó a las autoridades de salud a emitir normas cada vez más estrictas sobre los niveles de este metal en la sangre, mientras que las autoridades del medio ambiente prohibieron el uso de las pinturas basadas en plomo en 1978 y se empezó a sustituir paulatinamente el plomo en las gasolinas a partir de la década de los setenta. Al mismo tiempo, la Ley del Aire Limpio (Clean Air Act) emitida en los EUA, señalaba límites máximos para la concentración del plomo en el aire (América, 2004).

Como se mencionó la primera queja documentada oficialmente contra Peñoles data de 1937 (Viniegra *et al.* 1964); desde entonces han sido recurrentes las quejas de la comunidad sobre las molestias que se atribuyen a las actividades de esta empresa, en especial, irritación de ojos y garganta y olores desagradables; sin embargo, hasta el momento, las acciones correctivas por parte de la empresa han sido lentas, renuentes y definitivamente insuficientes.

El plomo se encuentra en todas partes en el ambiente humano como resultado de la industrialización (Valdés, 1999).

El plomo es un elemento que no tiene ninguna función fisiológica conocida en el organismo humano. Antes de que se comenzara a extraer plomo de las minas, la presencia de este metal en el ambiente era relativamente reducida. (Matte, 2003)

El Plomo biodisponible en el ambiente se reconoce como un problema de salud importante, lo que hace necesaria la intervención para prevenir los efectos tóxicos; particularmente en los infantes y en las mujeres gestantes y en período de lactancia (Lawendon *et al.*, 2001; Gomaa *et al.*, 2002).

El Plomo por ser un metal no esencial, no cumple función alguna en el cuerpo humano, este puede principalmente hacer daño después de ser tomado en la comida, aire o agua. La gran mayoría de los casos de envenenamiento pasan desapercibidos y no son objeto de un tratamiento. El envenenamiento por plomo está generalizado. No es un problema solo de los niños de escasos recursos de los centros citadinos ni de las minorías. De sus efectos no se libra ningún grupo socioeconómico, ninguna área geográfica ni ninguna población étnica o racial (Valdés, 1999).

En 1961 los trabajadores de Peñoles pusieron una queja ante las autoridades federales de salud; en respuesta a ella, dichas autoridades realizaron dos estudios en 1962 los cuales estuvieron enfocados a evaluar si en la planta y sus alrededores existía contaminación que pudiera ser atribuida a esta empresa (Viniestra *et al.*, 1964; Escobar *et al.*, 1964).

En ellos se encontró que la contaminación atmosférica debida a las emisiones de arsénico, bióxido de azufre y plomo generados por Peñoles era grave; se demostró que estos contaminantes, en especial los dos últimos, eran dispersados por los vientos dominantes hacia el oeste y el sur de la ciudad. (Viniestra *et al.* 1964; Escobar *et al.*, 1964).

El plomo es uno de los cuatro metales que tienen un mayor efecto dañino sobre la salud humana. Este puede entrar en el cuerpo humano a través de la comida (65%), agua (20%) y aire (15%) (Emsley. 2001).

En 1976, Albert *et al.* (1986) determinaron plomo en cabello de niños de cinco ciudades del país, incluyendo Torreón. El valor promedio en las muestras procedentes de esta ciudad fue de 55 mg plomo/g de cabello; dos terceras partes de los niños tuvieron más de 30 mg plomo/g, con un máximo de 220 mg plomo/g, en comparación con un valor normal promedio de 13 mg plomo/g, lo que indica que estos niños estaban expuestos al plomo de manera crónica. En un estudio posterior, el mismo grupo confirmó la existencia de estos elevados valores. Entre 1981 y 1985 se realizó en Torreón un estudio de larga duración para determinar varios biomarcadores de exposición y efectos del plomo en niños que vivían cerca de la planta y asistían a una escuela ubicada a menos de 1 km. de ella (grupo expuesto) y niños de características similares que vivían lejos de la planta, en dirección opuesta a los vientos dominantes, y asistían a escuelas ubicadas entre 4 y 5 Km. de la fundidora (grupo control) (Calderón *et al.*, 1996<sup>a</sup>, citados por América, 2004). Los niños de ambos grupos habían vivido en su domicilio actual toda su vida y permanecieron ahí durante el estudio, mientras que sus madres habían vivido en ese domicilio por lo menos desde dos años antes de que naciera el niño. Los parámetros determinados fueron, plomo en sangre (PbS) y en orina, protoporfirina eritrocitaria libre, alteraciones neuromotoras y cociente intelectual (IQ)(América, 2004).

El plomo se puede ingerir entre 200 a 300 microgramos diarios sin que ello cause daño conocido. En la sangre se han encontrado hasta 10 a 15 microgramos/decilitro en poblaciones sanas. Las concentraciones sanguíneas aparecen más elevadas en hombres que en mujeres, en áreas urbanas que en rurales, por la mayor contaminación del ambiente urbano y también más elevadas entre fumadores que en no fumadores. El plomo es el gran contaminante químico de los lugares de trabajo y por lo tanto, un grave e importante riesgo para la salud de los trabajadores (Danza, 2000).

Los niños del grupo expuesto tuvieron concentraciones de PbS superiores a 10 mg/100 mL valor que, conforme a los Centers of Disease Control de los Estados Unidos (CDC), es el nivel de plomo en sangre de niños a partir del cual esta institución considera que hay exposición peligrosa a este metal y riesgo de daño permanente a la salud y el desarrollo. El promedio general de PbS en el grupo expuesto fue de 21.64 mg/100 mL (CDC, 1999).

Las intoxicaciones por plomo han sido siempre una de las enfermedades profesionales más reconocidas. Debido al conocimiento del tema y a las medidas de control, se ha reducido el número de casos más graves. Sin embargo, ahora es evidente que pueden producirse efectos adversos con niveles de exposición antes considerados aceptables. La tendencia al incremento en la producción y el consumo de plomo en América Latina ha aumentado el riesgo de exposición y de daños en la salud de la población (Danza, 2000).

Los efectos tóxicos sobre pulmones y tracto digestivo del plomo dependen de factores tales como el tamaño de la partícula y la composición química del

plomo y sus compuestos. Así, las partículas pequeñas y los compuestos muy solubles en agua, como el cloruro y el óxido, entrarán más rápidamente al sistema circulatorio. Los compuestos poco solubles como el sulfato y carbonato, son peligrosos en forma de polvo. De esto se desprende que los compuestos de plomo que se han encontrado más tóxicos son el carbonato y el monóxido, y su toxicidad se debe, principalmente, a que es acumulativa y la manifestación de los síntomas de esta intoxicación se conoce como plumbismo (Newtemberg, sin fecha).

El plomo es el tóxico mas estudiado y este ha representado uno de las principales preocupaciones de salud publica, puesto que, afecta muchos órganos y sistemas en los seres humanos (Apostoli *et al.*, 2002).

El plomo es un catión divalente y se une fuertemente a grupos sulfhidrilo de las proteínas. De los muchos órganos afectados por el plomo, el más importante es el sistema nervioso central (SNC). Mucho de la toxicidad del plomo puede ser atribuida a la alteración de enzimas y proteínas estructurales, pero este versátil tóxico tiene muchos más blancos (Needleman, 2004).

Durante el siglo pasado, las emisiones del plomo al aire ambiente han causado contaminación considerable, principalmente debido a las emisiones del plomo de la gasolina (Järup, 2003). La cantidad de plomo en el polvo de la casa tiene una fuerte correlación con los niveles de plomo en sangre de los niños (Meyer *et al.*, 2005).

### III.7 El Plomo

Las características que tiene son:

<b>Nombre</b>	<b>Plomo</b>
Número atómico	82
Valencia	2,4
Estado de oxidación	+2
Electronegatividad	1,9
Radio covalente (Å)	1,47
Radio iónico (Å)	1,20
Radio atómico (Å)	1,75
Configuración electrónica	[Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>2</sup>
Primer potencial de ionización (eV)	7,46
Masa atómica (g/mol)	207,19
Densidad (g/ml)	11,4

Elemento químico, Pb, número atómico 82 y peso atómico 207.19. El plomo es un metal pesado (densidad relativa, o gravedad específica, de 11.4 a 16 °C (61 °F)), de color azulado, que se empaña para adquirir un color gris mate. Es flexible, inelástico, se funde con facilidad, se funde a 327.4 °C (621.3 °F) y hierve a 1725 °C (3164 °F). Las valencias químicas normales son 2 y 4. Es relativamente resistente al ataque de los ácidos sulfúrico y clorhídrico. Pero se disuelve con lentitud en ácido nítrico. El plomo es anfótero, ya que forma sales de plomo de los ácidos, así como sales metálicas del ácido plúmbico. El plomo forma muchas sales, óxidos y compuestos organometálicos (Emsley, 2001).

Industrialmente, sus compuestos más importantes son los óxidos de plomo y el tetraetilo de plomo. El plomo forma aleaciones con muchos metales y, en general, se emplea en esta forma en la mayor parte de sus aplicaciones. El plomo rara vez se encuentra en su estado elemental, el mineral más común es el sulfuro, la galeana, los otros minerales de importancia comercial son el carbonato, cerusita, y el sulfato (Lenntech, 2008)

El metal se produce primariamente por fundición del mineral. Definitivamente la actividad humana en relación al plomo ha llevado a través de los tiempos a crecientes descargas de dicho metal hacia los diferentes componentes ambientales, aumentando y diversificando paralela y progresivamente las condiciones de exposición a niveles cada vez más altos de dicho metal en el ambiente (Danza, 2000).

### **III.8 Efectos en la Salud**

El plomo es un elemento que no tiene ninguna función fisiológica conocida en los seres humanos, pero cuyos efectos adversos inciden sobre una diversidad de procesos bioquímicos esenciales. Existe evidencia considerable acerca de los efectos adversos sobre la salud de los niños del plomo en niveles que son comunes a distintas poblaciones en todo el mundo. La intoxicación aguda por plomo, que ocasiona encefalopatía, a pesar de no ser frecuente, sí pone en riesgo la vida y requiere de un tratamiento agresivo y oportuno. Es necesario tenerla presente en el diagnóstico diferencial de toda enfermedad no explicada que incluya anemia, convulsiones, letargo, dolor

abdominal, o vómito recurrente. Existe una gran cantidad de niños que padecen los efectos subclínicos crónicos debidos a la exposición de bajo nivel al plomo, y que incluyen un desarrollo cognitivo deficiente, trastornos en la conducta, ligera deficiencia en la agudeza auditiva, y talla reducida. La evidencia disponible indica que las únicas intervenciones efectivas para evitar la intoxicación de bajo nivel por plomo son aquellas que se aplican para controlar la exposición a este metal (Matte, 2003).

Una población en riesgo es aquel grupo o segmento de una población definida que tiene características asociadas con una probabilidad significativamente mayor de desarrollar una enfermedad o algún estado o condición anormal. La población está expuesta al plomo por la ingestión de alimentos y líquidos contaminados, por inhalación de humos y polvos (la vía de absorción más importante) y por la absorción por vía dérmica (piel indemne) en el caso particular de los compuestos orgánicos (Danza, 2000).

Emsley (2001), menciona que el Plomo puede causar varios efectos no deseados, como son:

- ❖ Perturbación de la biosíntesis de hemoglobina y anemia
- ❖ Incremento de la presión sanguínea
- ❖ Daño a los riñones
- ❖ Abortos y abortos sutiles
- ❖ Perturbación del sistema nervioso
- ❖ Daño al cerebro
- ❖ Disminución de la fertilidad del hombre a través del daño en el espermatozoides
- ❖ Disminución de las habilidades de aprendizaje de los niños

- ❖ Perturbación en el comportamiento de los niños, como es agresión, comportamiento impulsivo e hipersensibilidad.

Las poblaciones de alto riesgo son entonces aquéllas en donde son mayores las probabilidades de que existan exposiciones a niveles de concentración peligrosos o de que los efectos producidos por el plomo sean más graves que en el resto de la población. Entre ellas podemos señalar a las siguientes (Danza, 2000):

- ❖ Trabajadores de industrias donde haya plomo.
- ❖ Personas residentes en zonas cercanas a fuentes mineras o industriales emisoras de plomo.
- ❖ Residentes vecinos a vías o carreteras con alto tránsito vehicular.
- ❖ Personas oriundas de regiones donde haya contaminación elevada del ambiente por plomo.
- ❖ Familiares de trabajadores de industrias que utilizan plomo.
- ❖ Mujeres embarazadas.
- ❖ Niños menores de 5 años.
- ❖ Personas con enfermedades de la sangre, principalmente anemias.
- ❖ Personas con enfermedades neurológicas.
- ❖ Personas con deficiencias nutricionales, principalmente de hierro, calcio, fósforo y proteínas.
- ❖ Alcohólicos.
- ❖ Fumadores.

El Plomo puede entrar en el feto a través de la placenta de la madre. Debido a esto puede causar serios daños al sistema nervioso y al cerebro de los niños por nacer (Emsley, 2001).

El daño en el ser humano se centra en varios sistemas, siendo los más importantes los siguientes: nervioso, hematopoyético, urinario, gastrointestinal, renal, reproductivo y endócrino (Danza, 2000).

Newtemberg, (sin fecha), menciona que el plomo, en sus diferentes formas, es un compuesto tóxico que se acumula en el sistema nervioso central y es particularmente perjudicial en el desarrollo mental de los niños. Entra al organismo por inhalación e ingestión, por lo que llega al sistema circulatorio a través de los pulmones y el tracto digestivo, y se excreta por las vías urinarias y las heces.

El mismo investigador menciona que la exposición al plomo en fuertes concentraciones presenta los siguientes síntomas.

- Anemia
- Fatiga
- Dolor de cabeza
- Insomnio
- Hipotensión
- Pérdida de peso

Luego, pueden presentarse también:

- ✓ Disturbios gastrointestinales

- ✓ Manifestaciones más severas, como daño al sistema nervioso
- ✓ Problemas a los riñones

Físicamente se observa:

- ❖ Palidez
- ❖ Desnutrición
- ❖ Inflamación estomacal
- ❖ Una línea azul oscura en las encías, pero sólo en el caso de una higiene dental deficiente.
- ❖ Fatiga motriz, la cual va progresando hasta convertirse en parálisis (Newtemberg, sin fecha).

En la exposición de los seres humanos al plomo pueden dar lugar a una amplia gama de efectos biológicos dependiendo el nivel y duración de la exposición. Los diferentes efectos ocurren sobre una amplia gama de dosis, con el feto que se convierte e infante que es más sensible que el adulto. Los altos niveles de la exposición pueden dar lugar a efectos bioquímicos tóxicos en los seres humanos que alternadamente causan problemas en la síntesis de la hemoglobina, de efectos sobre los riñones, del aparato gastrointestinal, del sistema reproductivo, y daños agudos o crónicos al sistema nervioso (Lenntech, 2008).

## **IV. MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente trabajo se realizó en zonas aledañas y lejanas a la Industria Met-Mex Peñoles en la ciudad de Torreón, Coahuila, México. En Septiembre de 2008.

### **IV.1. Localización Geográfica**

El municipio de Torreón se ubica al norte de México, en el estado de Coahuila; específicamente en la parte oeste del sur de este estado nortero.

Limita al norte y al este con el municipio de Matamoros; al sur y al oeste con el estado de Durango. Se localiza a una distancia aproximada de 265 kilómetros de la ciudad de Saltillo, capital del estado. Geográficamente está en las coordenadas  $103^{\circ} 26'33''$  de longitud W con relación al meridiano de Greenwich y  $25^{\circ} 32'40''$  de latitud N, a una altura promedio en la parte plana de 1,120 metros sobre el nivel del mar.

El municipio de Torreón cuenta con una superficie de 1,947.70 kilómetros cuadrados, que representan el 1.29 % del total de la superficie del estado de Coahuila (INEGI, 2006).

## **IV.2 Metodología**

El trabajo se dividió en tres fases:

Trabajo de campo, trabajo de laboratorio y trabajo de gabinete.

### **IV.2.1 Trabajo de Campo**

**Muestreo de suelos.** La zona aledaña a Met- Mex Peñoles, fue muestreada, para ello la ubicación de los puntos de muestreo, se basó en los cuatro puntos cardinales, sureste, suroeste, noreste y noroeste con respecto a Met-Mex Peñoles. De cada orientación se obtuvieron nueve muestras, tres a 500 m, tres a 1,000 m y tres a 1,500 m respectivamente, todo esto fue realizado en 3 visitas a la zona antes mencionada. En total fueron 36 muestras.

Con el objetivo de conocer la concentración de plomo en zonas alejadas a Met- Mex Peñoles, se colectaron tres muestras con orientación noreste aproximadamente a 7000 m de Met-Mex Peñoles en la colonia Valle Verde las cuales fueron al azar. Asimismo con la información lograda se tratará de ver si la distancia hace diferencia en las concentraciones del plomo.

### **IV.2.2 Trabajo de Gabinete**

**Análisis de las muestras de suelo en laboratorio.** Tras la recolección de dichas muestras se prosiguió a analizarlas en el laboratorio de suelos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Cada muestra fue analizada mediante la determinación de plomo por el método de espectrofotometría de absorción atómica. Siguiendo el procedimiento que a continuación se describe.

1. Sacar y tamizar en malla de 2 mm la muestra de suelo.
2. Pesar 5 g de suelo y colocarlos en botes de plástico con tapón.
3. Agregar 50 ml de ácido nítrico 4 molar (260 ml/litro) y marcar el nivel del líquido.
4. Colocar en baño maría de 4 a 12 hr a 70°C.
5. Sacarlo del baño maría, dejarlo a temperatura ambiente y nivelar el volumen que tenía, taparlo bien.
6. Agitarlo por 1 hora.
7. Filtrar y recoger el filtrado.
8. Analizar en Absorción Atómica.

Cálculos: 
$$ppmPb \Rightarrow (CAA)(CDM)(DV)$$

Donde:

- Ppm Partes por millón leídas en el aparato de Absorción Atómica
- Pb Plomo
- CAA Concentración de plomo leída
- CDM Dilución en masa 50/5
- DV En caso de ser necesario

**Análisis de los resultados obtenidos.** Los resultados obtenidos de los muestreos de suelos fueron analizados estadísticamente para ellos se calculó la media y desviación estandar del total de los datos. La media de plomo encontrada en cada orientación, y en cada distancia.

## V. RESULTADOS Y DISCUSION

### V.1. Plomo en suelo

Las concentraciones de plomo en el suelo que se encontraron demostraron que la mayoría de los suelos en zonas aledañas a la industria Met-Mex Peñoles rebasa el límite máximo permisible (LMP) para uso agrícola y residencial que es de  $400 \text{ mg/kg}^{-1}$  y de uso industrial que es de  $700 \text{ mg/kg}^{-1}$ , según la norma oficial mexicana 147-Semarnat/ SSA1-2004.

En el Cuadro 1 y Figura 1, se puede observar que los resultados obtenidos son muy variados. En el Cuadro 2 se ve que la menor concentración encontrada fue de  $295.0 \text{ mg/kg}^{-1}$  y la mayor fue de  $6550.0 \text{ mg/kg}^{-1}$  con orientaciones suroeste a 1500 m y sureste a 1000 m respectivamente (Cuadro 1). Haciendo una recopilación de los datos obtenidos se encontró que la media hallada en base a las distancias, fueron: a 500 m la concentración fue de  $1959.8 \text{ mg/kg}^{-1}$ , a los 1000 m de  $2068.4 \text{ mg/kg}^{-1}$  y a los 1500 m  $1721.6 \text{ mg/kg}^{-1}$ .

En la Figura 2, se logra ver que el 11.1 % del total de las muestras no rebasaron el LMP lo que equivale a 4 muestras colectadas en las orientaciones de suroeste y noroeste que son las zonas que presentaron menor concentración de plomo, mientras que el 88.9 % presentaron altos índices de contaminación que rebasan el LMP; al sureste se presentaron las más altas concentraciones. La zona más contaminada es la ubicada al sureste posiblemente sea debido a que el aire se desplaza hacia esa orientación. El 44.4 % de las muestras colectadas rebasaron los  $1000 \text{ mg/kg}^{-1}$  mientras que

Madinaveitia *et al.* (2007) en un trabajo efectuado en 2005, encontraron que del total de muestras de suelo colectadas alrededor de Peñoles, el 98 % rebasaron el LMP en suelos de los EUA (que es de  $500 \text{ mg/kg}^{-1}$ ), lo que muestra que ha disminuido la contaminación dada por este metal en el suelo, sin embargo sigue siendo elevada.

En el Cuadro 1 también se observa que en las muestras colectadas en zonas lejanas a Peñoles, en la colonia Valle Verde el 100 % rebasaron el LMP, e incluso hubo mayor concentración de plomo que en algunas zonas aledañas a Peñoles. La concentración media fue de  $600 \text{ mg/kg}^{-1}$ . Posiblemente esto se deba a que en las zonas aledañas a Peñoles se hacen trabajos de limpieza, mientras que en suelos de esta colonia no se hace este tipo de trabajos.

Comparando los resultados obtenidos por Madinaveitia *et al.* (2007) se puede ver que las concentraciones de plomo en suelo han disminuido discretamente pero no son menores del LMP, ya que la mayor cantidad de plomo que se determinó fue de  $6550.0 \text{ mg/kg}^{-1}$  (Cuadro 2) y en los datos presentados por los investigadores señalados, la máxima concentración fue de  $9225 \text{ mg/kg}^{-1}$  encontrada en muestreos realizados en 2005.

En el Cuadro 2 se muestran la media y mediana que como se puede observar rebasan los LMP. Además se muestra la desviación estándar calculada considerando las 36 muestras.

SEMARNAT (2002) menciona, que la actividad humana, a lo largo del último siglo es el principal precursor de la contaminación del medio en este caso del suelo, debido a las actividades industriales, muchos de estos contaminantes entran al medio mediante, por varias vías entre ellas, la minería, los procesos de fundición y los combustibles fósiles.

Por los resultados obtenidos Peñoles, ha disminuido sus emisiones pero estas no han sido lo suficiente ya que la contaminación continúa, y lo señala como principal responsable de los problemas presentados por daños a la salud humana por plomo especialmente en niños y madres embarazadas.

Danza (2000) señala, que la población de alto riesgo son aquéllas en donde son mayores las probabilidades de que existan exposiciones a niveles de concentración peligrosos o de que los efectos producidos por el plomo sean más graves que en el resto de la población. La población de alto riesgo, en las que se puede encontrar problemas ocasionados por el exceso de plomo en su organismo se localizan alrededor de Peñoles, debido a las elevadas concentraciones encontradas.

Por los resultados obtenidos, es muy posible que ocurra lo que Matte (2003) ha señalado que existe una gran cantidad de niños que padecen los efectos subclínicos crónicos debidos a la exposición de bajo nivel al plomo, y que incluyen un desarrollo cognitivo deficiente, trastornos en la conducta, ligera deficiencia en la agudeza auditiva, y talla reducida. La evidencia disponible

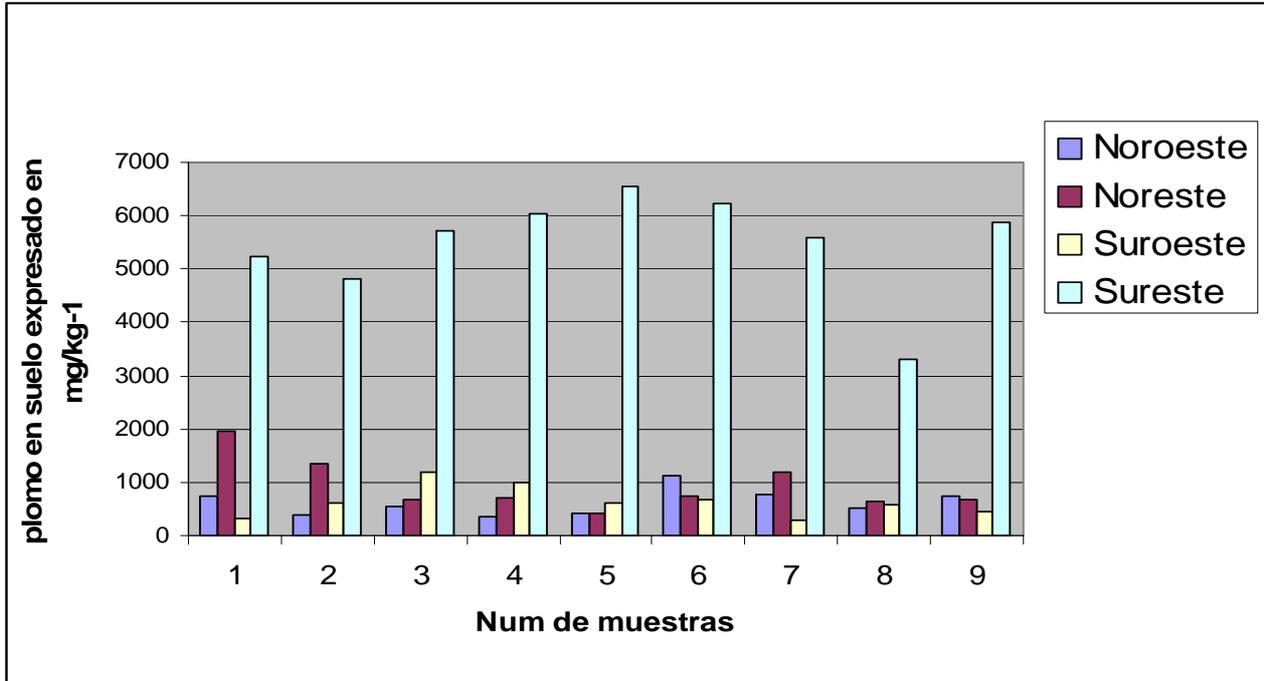
indica que las únicas intervenciones efectivas para evitar la intoxicación de bajo nivel por plomo son aquellas que se aplican para controlar la exposición a este metal.

Emsley (2001) menciona que el plomo puede entrar en el feto a través de la placenta de la madre. Debido a esto puede causar serios daños al sistema nervioso y al cerebro de los niños por nacer. Señala también, que la mayor concentración de plomo que son encontradas en el ambiente es resultado de las actividades humanas.

Newtemberg, (sin fecha), menciona que los trastornos ocasionados por el plomo dentro de los organismos, son más graves, ya que ocasionan problemas como: anemia, fatiga, dolor de cabeza, insomnio, hipotensión, pérdida de peso, disturbios gastrointestinales, manifestaciones más severas, como daño al sistema nervioso, problemas a los riñones, palidez, desnutrición, Inflamación estomacal, Una línea azul oscura en las encías, pero sólo en el caso de una higiene dental deficiente, fatiga motriz, la cual va progresando hasta convertirse en parálisis.

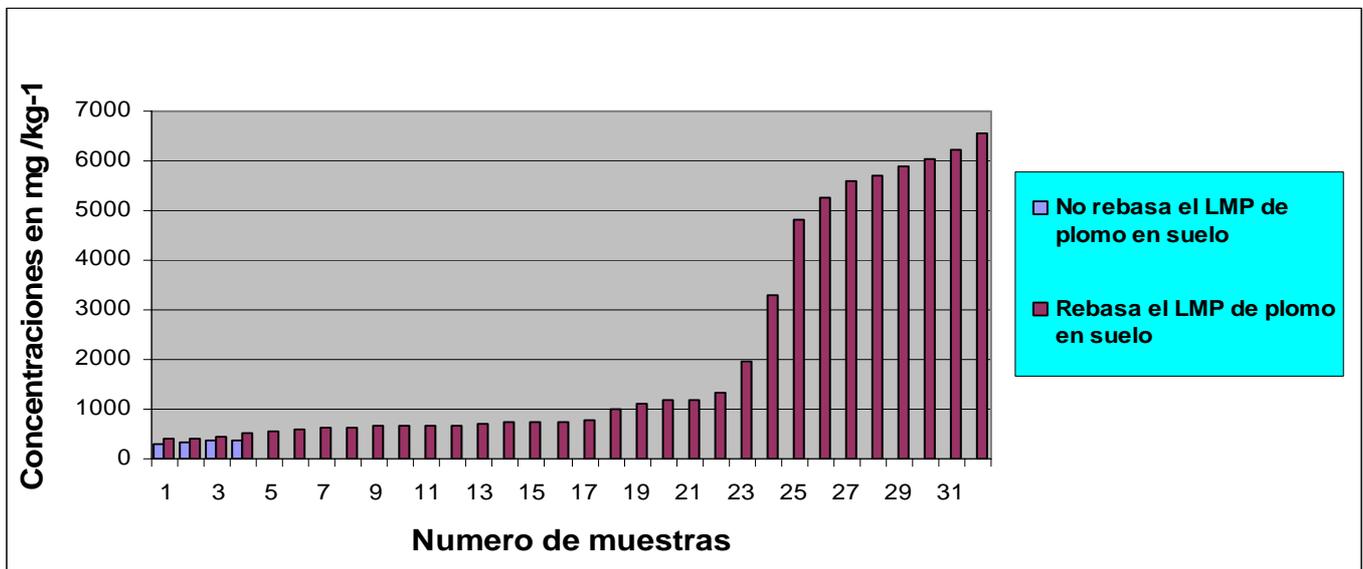
CUADRO 1 CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN SUELOS DE ZONAS ALEDAÑAS A MET – MEX PEÑALES Y ZONAS LEJANAS, SEGÚN LAS ORIENTACIONES Y LAS DISTANCIAS DETERMINADAS. TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO. SEPTIEMBRE – OCTUBRE 2008.

ORIENTACIÓN	DISTANCIA			Límites máximos permisibles en suelo según la norma oficial mexicana SSA1-2004
	500 m mg Kg <sup>-1</sup>	1000 m mg Kg <sup>-1</sup>	1500 m mg Kg <sup>-1</sup>	
<b>Noroeste</b>				
Muestra 1	732.5	357.5	785.0	
Muestra 2	385.0	405.0	522.5	
Muestra 3	555.0	1110.0	727.5	
<b>Media</b>	<b>557.5</b>	<b>624.2</b>	<b>678.2</b>	
<b>Noreste</b>				
Muestra 1	1947.5	710.0	1185.0	
Muestra 2	1335.0	412.5	655.0	
Muestra 3	662.5	725.0	677.5	<i>Uso Agrícola/Residencial</i>
<b>Media</b>	<b>1315.0</b>	<b>615.8</b>	<b>839.2</b>	<i>400 mg / kg<sup>-1</sup></i>
<b>Suroeste</b>				
Muestra 1	327.5	1005.5	<b>295.0</b>	<i>Uso Industrial</i>
Muestra 2	622.5	625.0	592.5	<i>750 mg / kg<sup>-1</sup></i>
Muestra 3	1175.0	670.0	445.0	
<b>Media</b>	<b>708.3</b>	<b>766.8</b>	<b>444.2</b>	
<b>Sureste</b>				
Muestra 1	5250.0	6025.0	5600.0	
Muestra 2	4825.0	<b>6550.0</b>	3300.0	
Muestra 3	5700.0	6225.0	5875.0	
<b>Media</b>	<b>5258.3</b>	<b>6266.7</b>	<b>4925.0</b>	
<b>Valle Verde</b>				
Muestra 1	675.0			
Muestra 2	600.0			
Muestra 3	525.0			
<b>Media</b>	<b>600.0</b>			



Número de muestras	Distancias que estas indican en metros	Numero de muestras por orientación
1,2,3	500	12
4,5,6	1000	12
7,8,9	1500	12
	<b>Total</b>	<b>36</b>

Figura 1. Representación grafica de las concentración de plomo en suelo de zonas aledañas a la Industria Met- Mex Peñoles según la distancia de los muestreos. Torreón Coahuila. Septiembre de 2008.



Número de muestras que no rebasan el LMP en suelos	4	11.1 %
Número de muestras que rebasan el LMP en suelos	32	88.9 %

Figura 2. Concentraciones de plomo en zonas aledañas a la industria Met-Mex Peñoles señalando las que rebasan y no rebasan los límites máximos permisibles. Torreón Coahuila. Septiembre de 2008.

CUADRO 2. MEDIA, MEDIANA, DESVIACIÓN ESTÁNDAR, VALOR MÁXIMO Y VALOR MÍNIMO CALCULADOS A PARTIR DE LOS DATOS OBTENIDOS EN 36 MUESTREOS DE SUELOS CONTAMINADOS DE PLOMO EN ZONAS ALEDAÑAS A MET-MEX PEÑALES. TORREÓN COAHUILA. SEPTIEMBRE DE 2008.

<i>Valores</i>	<i>Pb mg / kg<sup>-1</sup></i>	<i>Límites máximos permisibles en suelo según la norma oficial mexicana 147-Semarnat / SSA1-2004</i>
Media ( Promedio)	1906.6	
Mediana	726.5	<i>Uso Agrícola/Residencial 400 mg /kg<sup>-1</sup></i>
Desviación estándar	2162.09	
Valor Máximo	6550.0	<i>Uso Industrial 750 mg /kg<sup>-1</sup></i>
Valor Mínimo	295.0	

## VI. CONCLUSIONES

1. En la mayoría de los muestreos realizados la concentración de plomo hallada en el suelo rebasó el límite máximo permisible (LMP).
2. Hubo una discreta reducción en la concentración de plomo hallada al comparar las concentraciones encontradas por Madinaveitia *et al.*, en el año 2005 con las de este trabajo.
3. Ni la distancia ni la orientación ejercen influencia diferenciada con respecto a las concentraciones de plomo encontrado en los suelos. Sin embargo, la zona más contaminada es la ubicada al sureste posiblemente debido a que el aire se desplaza hacia esa orientación, por la mala atención que se le tiene a la zona y sus deficiencias de higiene como zona urbana.

## VII. RECOMENDACIONES

Proponer formas y medios para que la población en general esté más consciente de los daños que ocasionan este metal pesado en la salud evitando que los niños y las mujeres embarazadas tengan contacto con el ambiente contaminado por este metal.

Determinar métodos de biorremediación de los suelos contaminados con plomo como lo son el uso de la fitorremediación, lombrices de tierra, y de microorganismos.

Hacer gestiones para que haya un mayor monitoreo de las zonas más contaminadas, para poder llevar un control minucioso.

Reducir las emisiones de plomo al ambiente, ya que aunque ha disminuido la concentración en el suelo, estas todavía están por encima de los LMP.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

- Albert L, Martínez-Dewane MG, García MR (1986) Metales pesados I. Plomo en el cabello de niños mexicanos. Rev Soc Quím Méx 30(2):55-62.
- América A. Lilia, 2004. Consultora en Toxicología Ambiental y Evaluación de Riesgos; Xalapa, México. Met Mex Peñoles y los niños de Torreón.
- Annual, report, Peñoles, 2008. (en línea)Historia y Desarrollo de la Emisora, Comision Nacional Bancaria. Comision Nacional Bancaria ([http://www.penoles.com.mx/penoles/ingles/invest/disposiciones\\_cnbv/reporte\\_anual/la\\_compania.php](http://www.penoles.com.mx/penoles/ingles/invest/disposiciones_cnbv/reporte_anual/la_compania.php)) Consulta 10 de Diciembre de 2008.
- Apostoli, P., Baj, A., Bavazzano, P., Ganzi, A., Neri, G., Ronchi, A., Soleo, L., Lorenzo, L.D., Spinelli, P., Valentene, T., Minoia, C. 2002. Blood lead reference values: the results of an Italian polycentric study. The Science of the Total Enviroment. 287: 1-11
- Benin A, J.D Sargent, M. S. Roda. 1999. "High Concentrations of Heavy Metals in Neighborhoods Near Ore Smelters in Northern Mexico", Environmental Health Perspectives. Pag. 279-284.
- Calderón-Salinas JV, Valdés-Anaya B, Zúñiga-Charles MA, Albores-Medina A. 1996. Lead exposure in a population of Mexican children. Hum Exp Toxicol 15:306-311.

CDC, 1991. Preventing lead poisoning in children. U.S. Centers for Disease Control and Prevention, U.S. Dept of Health and Human Services, Atlanta, GA.USA.

Danza F. 2000. Contaminación por Plomo, Informe elaborado por la Comisión de Salud Ocupacional del Sindicato Médico del Uruguay.

Emsley J. 2001. Propiedades químicas del Plomo, Efectos del Plomo sobre la salud y Efectos ambientales del Plomo. Las piezas de construcción de la naturaleza (Nature's Building Blocks).

Fernández J. C. 1991. Biochemical, physiological, and structural affects of excess copper in plants. Vol. 57. pág. 246-273.

García N. Arturo, 2005, Contaminación del suelo, Universidad de Extremadura Departamento de Biología y Producción de los Vegetales , Área de Edafología y Química Agrícola.España.

Gomaa A., HU H., Bellinger D., Schwartz J., Tsai S.W., Gonzalez-Cossio T., Schnaas L., Peterson K., Aro A., y Hernández, A., M, 2002. Maternal bone lead as an independent risk factor for fetal neurotoxicity study. Pediatrics. 110(1): 110-118.

Hashisho, Z., El-Fadel, M. 2004. Impacts of Traffic-Induced Lead Emissions on Air, Soil and Blood Lead Levels in Beirut. *Environmental Monitoring and Assessment*. 93: 185–202.

Higuera P. y R. Oyarzun. 2008. (En línea). Metales Pesados. Departamento de Ingeniería Geológica y Minera. Universidad Politécnica de Almeda. España.

INEGI 2006. (en línea). Ubicación geográfica de Torreón Coahuila. (<http://mapserver.inegi.gob.mx>.) (Consultado el día 20 de diciembre de 2008).

Järup, L. 2003. Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*. 68: 167–182

La Caxia fundación 1995. Reutilización de residuos urbanos en agricultura Editorial, Aedos. España.

Lawendon G., Kinra S., Nelder R., y Cronin T, 2001. (en línea) Should children with developmental and behavioral problems be routinely screened for lead?. *Arch. Dis. Childhood*. 85: 286–288. ([http://www.cio.mx/3\\_enc\\_mujer/files/extensos/Sesion%201/S1-FMCT03.doc](http://www.cio.mx/3_enc_mujer/files/extensos/Sesion%201/S1-FMCT03.doc)) (consultado el 1 de enero de 2009)

Lenntech, 2008. Propiedades químicas del Plomo , Efectos del Plomo sobre la salud y Efectos ambientales del Plomo. Agua residual y purificación del aire. Holding B. V. Rotterdamseweg, Delft. The Netherlands.

López P.F. 1999. Ordenan a Met-Mex Peñoles reducir sus operaciones a la mitad. La Jornada 22 de mayo de 1999. México.

Meyer, P.A., Staley, F., Staley, P., Curtis, J., Blanton, C., Brown, M.J. 2005. Improving strategies to prevent childhood lead poisoning using local data. International Journal of Hygiene and Environmental Health. 208: 15–20.

Matte D. T. 2003, Efectos del plomo en la salud de la niñez. Salud Pública México 2003; Vol. 45(sup 2):220-224. Cuernavaca 2003.

Mycyk, M.B., Leikin, J.B. 2004. Combined Exchange Transfusión and Chelation Therapy for Neonatal Lead Poisoning. The Annals of Pharmacotherapy. 38: 821-824.

Madinaveitia, R. H., N. Bautista, E. Cervantes, L. J. Hermosillo. 2007, Contaminación de Plomo en Suelos Aledaños a la Metalúrgica Met-Mex Peñoles ubicada en Torreón Coahuila, México. Memoria de resúmenes del XVII, Congreso latinoamericano de la Ciencia del Suelo. León Guanajuato. P. 87.

Newtemberg, (sin fecha), (en línea). Cuál es el efecto del plomo en la salud humana, <http://www.sinia.cl/1292/fo-article-34246.pdf> (consultado el día 8 de enero de 2009)

Needleman, H. 2004. Lead Poisoning. Annu. Rev. Med. 55: 1-14 (consultado el 9 de enero de 2009)

Anónimo. 2005. (En línea). Orden Jurídico. PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA PROY-NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004.  
[http://www.ordenjuridico.gob.mx/Federal/PE/APF/APC/SEMARNAT/Proyectos/111112005\(1\).pdf](http://www.ordenjuridico.gob.mx/Federal/PE/APF/APC/SEMARNAT/Proyectos/111112005(1).pdf) (Consultada el día 28 de Abril del 2008).

SEMARNAT, 2002. Instituto Nacional de Ecología, Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Schinitman I Norberto, 2004, Master en Educación Ambiental, Auditor Ambiental, Bioquímico. Metales Pesados, Ambiente y Salud, Ecoportal.net.

Trancoso, M.A., Dos Santos, M.M.C., Goncalves. M.L.S. 2004. Lead Adsorption on a Soil: A Polarographic Study. Electroanalysis. 16 (12): 1024-1032.

Valdés P. Francisco, 1999. Texas, Center for Policy Studies, en Defensa del Medio Ambiente, A.C. Torreon, Coahuila. Víctor M. Cabrera Morelos,

Ciudadanía Lagunera por los Derechos Humanos, A.C. Septiembre de  
1999

Viniegra G, R. Escobar., E. Borja., y PJ. Caballero 1964. La polución  
atmosférica e hídrica de Torreón, Coahuila, Salud Pública México.

WHO 1992. Plomo. Environmental Aspects. WHO Finlandia.